

P A T E N T
MOS01 P-108
Express Mail #EL994417631US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : Eberhard Schröder and Giuliano Persico
For : METHOD FOR STABILIZING THE MOVEMENT OF AN ARTICULATED CHAIN OF A CHAIN BLOCK, ESPECIALLY TO PREVENT THE FORMATION OF A RESONANCE OSCILLATION OF THE CHAIN, AND A CHAIN BLOCK APPARATUS
Atty Docket No. : MOS01 P-108

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

CLAIM OF PRIORITY

Applicants hereby claim the priority benefits under the provisions of 35 U.S.C. 119, basing said claim of priority on German patent application Serial No. 103 14 724.1, filed on March 31, 2003.

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119 and Rule 55(b), a certified copy of the above-listed German patent application is enclosed herewith.

Respectfully submitted,

EBERHARD SCHRÖDER and
GIULIANO PERSICO

By: Van Dyke, Gardner, Linn & Burkhart, LLP



Frederick S. Burkhart
Registration No. 29 288
2851 Charlevoix Drive, S.E., Suite 207
Post Office Box 888695
Grand Rapids, Michigan 49588-8695
(616) 988-4104

Dated: March 31, 2004.

FSB:djr
MOS01 P-108
Enc.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 14 724.1
Anmeldetag: 31. März 2003
Anmelder/Inhaber: Demag Cranes & Components GmbH,
58300 Wetter/DE
Bezeichnung: Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei
einem Kettentrieb, insbesondere bei einem
Hebezeug, und Kettentrieb hierfür
IPC: B 65 G, B 66 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 19. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Remus".

Remus

31. März 2003
102090DE

5

10 **Demag Cranes & Components GmbH**
Ruhrstr. 28
D-58300 Wetter

15

Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentrieb, insbesondere bei einem Hebezeug, und Kettentrieb hierfür

20 **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentrieb und einen Kettentrieb, insbesondere für ein Hebezeug, mit einer über ein polygonales Kettenrad geführten Kette und mit einem auf das Kettenrad wirkenden Elektromotor.

Aus der deutschen Patentanmeldung DE 1 531 307 A1 ist ein Kettenzug mit einem elektromotorischen Antrieb bekannt. Der Kettenzug besteht im Wesentlichen aus einem von dem Elektromotor angetriebenen Kettenrad, über das die Kette, insbesondere eine Rundstahlkette, mit einem Lastaufnahmemittel geführt ist. Das Kettenrad ist hierbei als sogenanntes Taschenrad ausgebildet, dessen Taschen die Kettenglieder der Kette zur Übertragung der Hubkräfte formschlüssig aufnehmen. Entsprechend dem Krümmungsverhalten der Kette hat das Kettenrad einen ungleichmäßigen polygonalen Umfang. Dieser polygonale Umfang des Kettenrades bedingt, dass beim Ablauf der Kette von dem Kettenrad der wirksame Radius des Kettenrades sich winkelabhängig ändert und somit die Geschwindigkeit der Kette entsprechend periodisch schwankt. Die periodischen Schwankungen treten somit auch bei konstanter Drehzahl des Elektromotors auf. Damit verbunden sind ein unruhiger Lauf der Kette, eine ständige Schwellbelastung des Kettenzugs und etwaig auftretende störende Resonanzeffekte.

Um die Schwankungen der Ablaufgeschwindigkeit der Kette vom Kettenrad zu verringern, ist bekannt, das an dem Elektromotor angeordnete Abtriebszahnrad und das hiermit kämmende Antriebszahnrad des Kettenrades jeweils in einer von der 5 Kreisform abweichenden Form also unrund auszuführen, um somit dem zuvor beschriebenen Polygoneffekt entgegenwirkend die Drehzahl des Kettenrades schwellen zu lassen.

Dieses mechanisch wirkende Ausgleichssystem kann nur begrenzt zu einer 10 Vergleichmäßigung der Ablaufgeschwindigkeit einer Kette eines Kettenzugs führen, da es beim Polygoneffekt nur die mathematischen Glieder mit niedriger Ordnung berücksichtigt. Außerdem erfordern diese mechanisch wirkenden Ausgleichssysteme einen erhöhten konstruktiven Aufwand.

15 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe der Erfindung zu Grunde, ein Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentrieb und einen Kettentrieb mit einem minimierten Polygoneffekt zu schaffen.

20 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentrieb, insbesondere bei einem Hebezeug, mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch einen Kettentrieb, insbesondere für ein Hebezeug, durch die im Anspruch 2 angegebenen Merkmale gelöst. Durch die kennzeichnenden Merkmale der Unteransprüche 3 und 5 ist der Kettentrieb in vorteilhafter Weise 25 weiter ausgestaltet.

Erfindungsgemäß wird bei einem Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentrieb, insbesondere bei einem Hebezeug, mit einer über ein polygonales Kettenrad geführten Kette und mit einem auf das Kettenrad wirkenden 30 Elektromotor, eine optimierte Verminderung des Polygoneffekts dadurch erreicht, dass der Elektromotor über einen elektronischen Dämpfer angesteuert wird, dem als erste Eingangsgröße eine Soll-Drehzahl in Bezug auf das Kettenrad und als zweite Eingangsgröße ein Ist-Winkel in Bezug auf das Kettenrad zugeführt wird und der aus den beiden Eingangsgrößen eine dämpfende Steuergröße errechnet, die dem 35 Elektromotor zur Vergleichmäßigung der Ablaufgeschwindigkeit der Kette von dem polygonalen Kettenrad zugeführt wird.

Außerdem wird bei einem Kettentrieb, insbesondere für ein Hebezeug, mit einer über ein polygonales Kettenrad geführten Kette und mit einem auf das Kettenrad wirkenden Elektromotor, eine Reduzierung der Auswirkungen des Polygoneffekts dadurch erreicht, dass dem Elektromotor ein elektronischer Dämpfer vorgeschaltet ist, der eine Steuerung des Elektromotors in der Art bewirkt, dass die Ablaufgeschwindigkeit der Kette von dem polygonalen Kettenrad vergleichmäßig wird.

- In vorteilhafter Weise werden durch den elektronischen Dämpfer ein ruhiger Lauf der Kette, eine geringere Schwellbelastung des Kettenzugs und kaum auftretende störende Resonanzeffekte erreicht. Der elektronische Dämpfer kann besonders vorteilhaft an eine Veränderung der Dämpfungsparameter angepasst werden.
- Besonders vorteilhaft ist, dass dem elektronischen Dämpfer als erste Eingangsgröße eine Soll-Drehzahl des Kettenrades und als zweite Eingangsgröße ein Ist-Winkel des Kettenrades zugeordnet ist. Bevorzugt wird am Kettenrad ein Sensor in Form eines Impulsgebers zur impulsweisen Ermittlung des Ist-Winkels angeordnet, von dem pro Kettenradumdrehung mindestens ein winkelsynchroner Impuls erzeugt wird. Die augenblickliche Winkellage wird dann durch Interpolation zwischen 2 aufeinander folgenden Impulsen bestimmt.

Der elektronische Dämpfer ist vorzugsweise als Vorsteuerglied ausgebildet, welches Bestandteil eines offenen Regelkreises ist. Diese Lösung ist gegenüber einem auch möglichen geschlossenen Regelkreis mit einem Zustandsregler weniger aufwendig.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäß ausgebildeten Kettenzug mit einem elektronischen Dämpfer und
- Figur 2 ein Kraft-Zeit-Diagramm der polygonerregten Kettenschwingung eines erfindungsgemäßen Kettenzugs und
- Figur 2 ein Kraft-Zeit-Diagramm der polygonerregten Kettenschwingung eines Kettenzugs nach dem Stand der Technik,

Die Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäß ausgebildeten Kettentriebs in Anwendung für einen Kettenzug 1, von dem schematisch ein Elektromotor 2, ein mit dessen nicht dargestellter Abtriebswelle verbundenes Getriebe 3 und ein mit dessen wiederum nicht dargestellter Abtriebswelle verbundenes Kettenrad 4 zu erkennen sind. Das Kettenrad 4 ist in herkömmlicher Weise als Taschenrad mit einem polygonalen Umfang für die Aufnahme der relativ zueinander verschwenkbaren Kettenglieder der Kette 5 ausgebildet. An dem unteren Ende der als Rundstahlkette ausgebildeten Kette 5 hängt eine schematisch dargestellte Last 6.

Der Elektromotor 2 wird über eine Leistungs-Endstufe 7 mit Energie versorgt. Dieser Leistungs-Endstufe 7 ist ein elektronischer Dämpfer 8 vorgeschaltet, dessen Aufgabe es ist, den Elektromotor 2 über die Leistungs-Endstufe 7 so zu steuern, dass der durch die über das Kettenrad 4 ablaufende Kette 5 hervorgerufene Polygoneffekt minimiert wird. Dies geschieht durch eine dem Polygoneffekt entgegenwirkende schwelende Drehzahländerung des Kettenrades 4. Hierzu wird der elektronische Dämpfer 8 mit der Soll-Drehzahl n_{Soll} als erste Eingangsgröße versorgt. Als weitere Eingangsgröße dient der Ist-Winkel Ψ_{rad} des Kettenrades 4, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel an dem Kettenrad 4 oder wahlweise an dem Elektromotor 2 oder dem Getriebe 3 über einen Sensor in Form eines Impulsgebers 9 abgegriffen wird. Der Impulsgeber 9 kann optisch-, magnetisch- oder induktivwirkend sein, von dem pro Umdrehung des Kettenrads 4 mindestens ein winkelsynchroner Impuls erzeugt wird. Die augenblickliche Winkellage Ψ_{rad} wird dann durch Interpolation zwischen 2 aufeinander folgenden Impulsen bestimmt. Grundsätzlich ist es auch möglich, den Polygoneffekt über andere vorzugsweise leichter erfassbare Größen, wie beispielsweise den Strom des Motors 2 zu bestimmen.

Der elektronische Dämpfer 8 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Vorsteuerglied ausgebildet, in dem die zweite Eingangsgröße der Ist-Winkel Ψ_{rad} über eine mathematische Funktion $\dot{Y}(\Psi_{rad})$ höherer Ordnung in einen Korrekturwert für die erste Eingangsgröße die Soll-Drehzahl n_{Soll} umgerechnet wird und in dem Summationspunkt mit der Soll-Drehzahl n_{Soll} überlagert wird. In der mathematischen Funktion werden insbesondere die geometrischen Verhältnisse des Kettenrades 4 und die jeweils aktuelle Winkelstellung Ψ_{rad} des Kettenrades 4 verarbeitet. Auch

können in der mathematischen Funktion Korrekturfaktoren aufgenommen und leicht verändert werden. Hierdurch sind beispielsweise eine Veränderung der Amplitude der Dämpfung oder eine Phasenverschiebung zur Berücksichtigung von Totzeiten, die durch Trägheiten oder Spiel im Kettentrieb bedingt sind, einfach möglich. Als 5 Ausgangsgröße liefert der elektronische Dämpfer 8 somit wieder eine Sollgröße n^*_{Soll} als Eingangsgröße für die Leistungs-Endstufe 7. Grundsätzlich wäre es auch möglich, den elektronischen Dämpfer 8 als Zustandsregler auszubilden und somit einen geschlossenen Regelkreis im Gegensatz zu dem Regelkreis mit dem vorbeschriebenen Vorsteuerglied zu bilden.

10 In der Figur 2 ist ein Kraft-Zeit-Diagramm der polygonerregten Kettenschwingung eines Kettenzugs nach dem Stand der Technik gezeigt. Im Vergleich hierzu ist in der Figur 3 ein Kraft-Zeit-Diagramm der polygonerregten Kettenschwingung eines erfindungsgemäßen Kettenzugs dargestellt. Es ist ersichtlich, dass über die in der x-
15 Achse dargestellte Zeit von 0 bis etwa 11 s, in der versuchsweise ein Hebevorgang einer Last durchgeführt wird, die Schwankungsbreite der auf der y-Achse aufgetragenen Kettenkraftamplitude von bis zu etwa $\pm 700\text{N}$ durch den erfindungsgemäßen elektronischen Dämpfer 8 bis auf etwa $\pm 70\text{N}$ reduziert werden kann. Hierdurch wird ein ruhiger Lauf der Kette und eine geringere
20 Schwellbelastung des Kettenzugs erreicht.

Bezugszeichenliste

- 1 Kettenzug
- 2 Elektromotor
- 5 3 Getriebe
- 4 Kettenrad
- 5 Kette
- 6 Last
- 7 Leistungs-Endstufe
- 10 8 elektronischer Dämpfer
- 9 Impulsgeber

-  Ψ_{rad} Ist-Kraft
- n_{Soll} Soll-Drehzahl
- 15 n^*_{Soll} Dämpfende Steuergröße

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentrieb, insbesondere bei einem Hebezeug, mit einer über ein polygonales Kettenrad geführten Kette und mit einem auf das Kettenrad wirkenden Elektromotor, dadurch gekennzeichnet,
dass der Elektromotor (2) über einen elektronischen Dämpfer (8) angesteuert wird, dem als erste Eingangsgröße eine Soll-Drehzahl (n_{Soll}) des Kettenrades (5) und als zweite Eingangsgröße ein Ist-Winkel (Ψ_{rad}) des Kettenrades (5) zugeführt wird und der aus den beiden Eingangsgrößen eine dämpfende Steuergröße errechnet, die dem Elektromotor (2) zur Vergleichsmäßigung der Ablaufgeschwindigkeit der Kette (5) von dem polygonalen Kettenrad (4) zugeführt wird.
- 15 2. Kettentrieb, insbesondere für ein Hebezeug, mit einer über ein polygonales Kettenrad geführten Kette und mit einem auf das Kettenrad wirkenden Elektromotor, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass dem Elektromotor (2) ein elektronischer Dämpfer (8) vorgeschaltet ist, der eine Steuerung des Elektromotors (2) in der Art bewirkt, dass die Ablaufgeschwindigkeit der Kette (5) von dem polygonalen Kettenrad (4) vergleichmäßigt wird.
- 20 25 3. Kettentrieb nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem elektronischen Dämpfer (8) als erste Eingangsgröße eine Soll-Drehzahl (n_{Soll}) des Kettenrades (4) und als zweite Eingangsgröße ein Ist-Winkel (Ψ_{rad}) des Kettenrades (4) zugeordnet ist.
- 30 4. Kettentrieb nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass am Kettenrad (4) ein Sensor in Form eines Impulsgebers (9) zur impulsweisen Ermittlung des Ist-Winkels (Ψ_{rad}) angeordnet ist.
- 35 5. Kettentrieb nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der elektronische Dämpfer (8) als Vorsteuerglied ausgebildet ist.

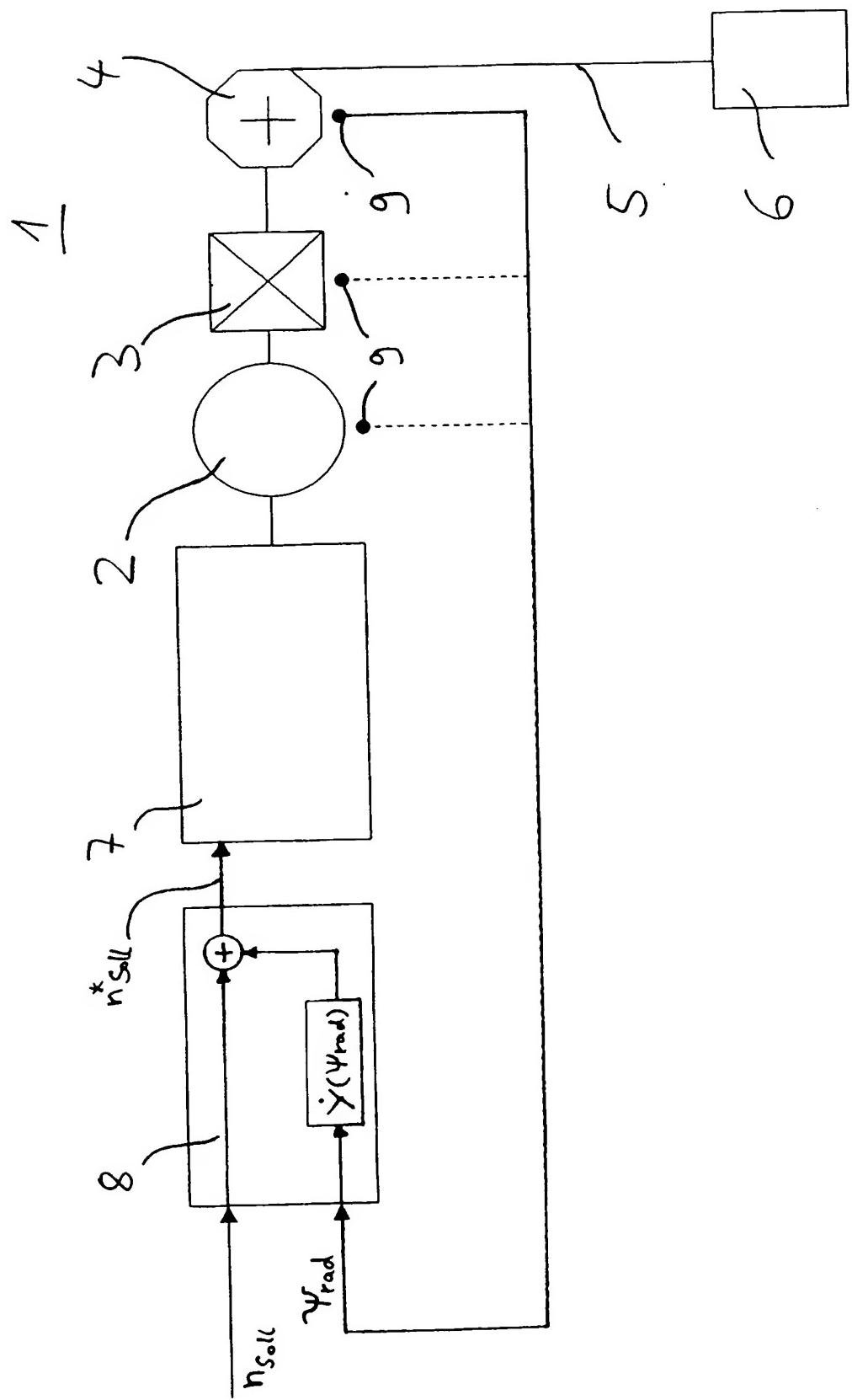
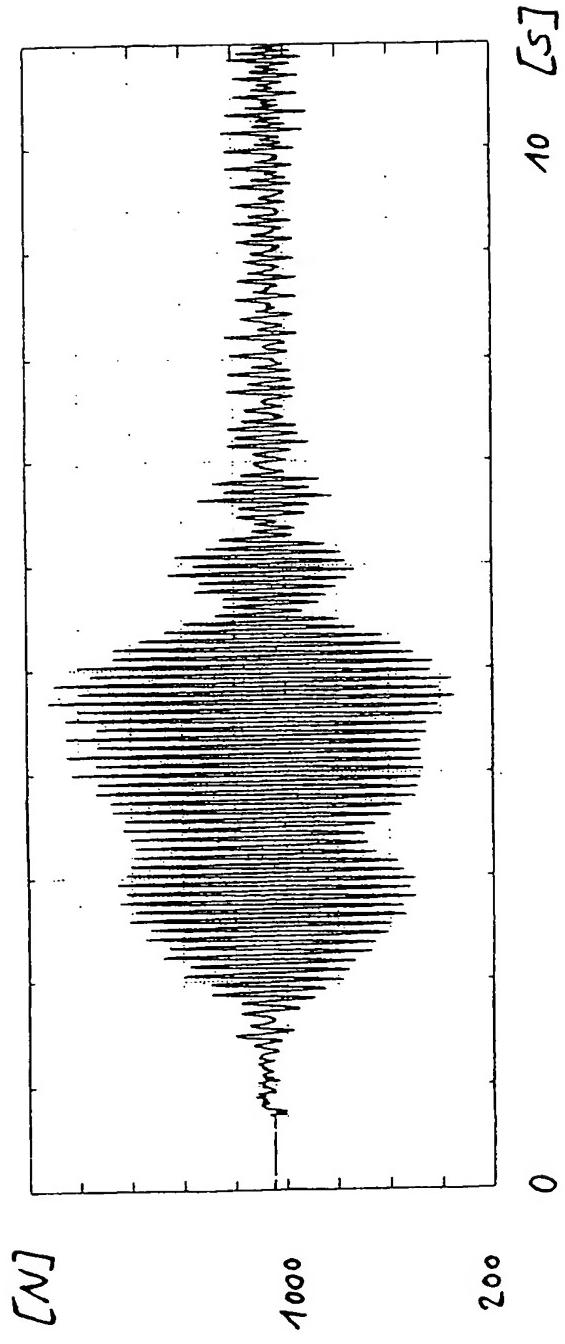
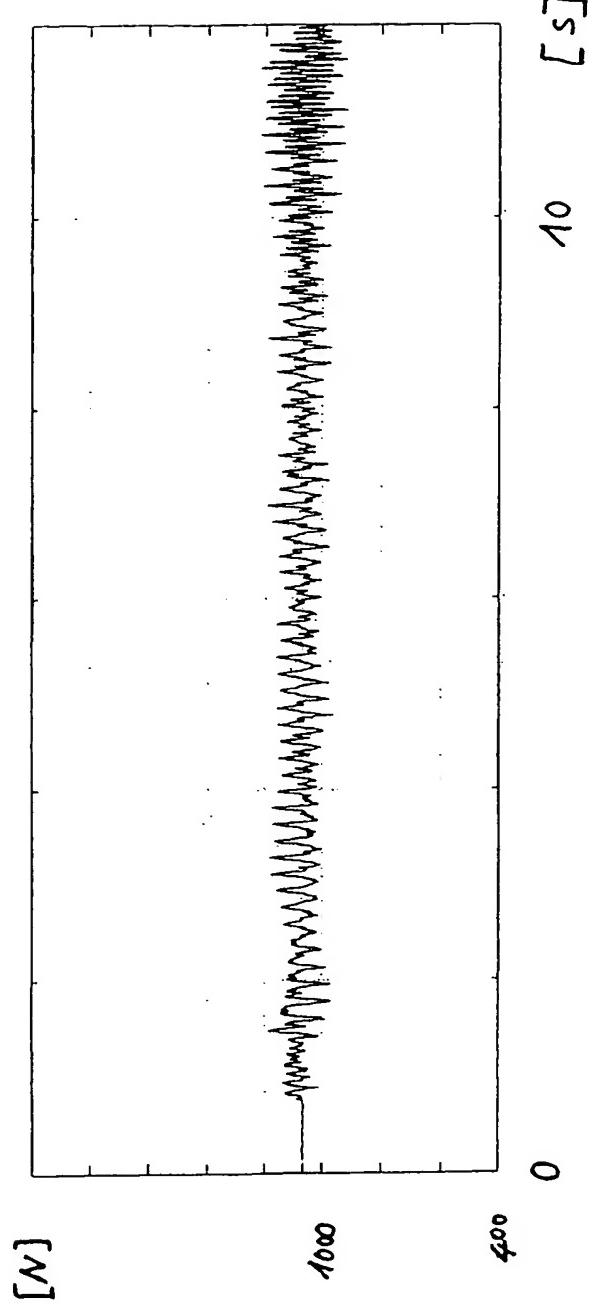


Figure 1

Figure 2





Figur 3

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentreib, und einen Kettentreib hierfür, insbesondere ein Hebezeug, mit einer über ein polygonales Kettenrad geführten Kette und mit einem auf das Kettenrad wirkenden Elektromotor.

Um ein Verfahren zum Vermindern des Polygoneffekts bei einem Kettentreib zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass der Elektromotor (2) über einen elektronischen Dämpfer (8) angesteuert wird, dem als erste Eingangsgröße eine Soll-Drehzahl (n_{Soll}) und als zweite Eingangsgröße ein Ist-Winkel (Ψ_{rad}) des Kettenrades (5) zugeführt wird und der aus den beiden Eingangsgrößen eine dämpfende Steuergröße errechnet, die dem Elektromotor (2) zur Vergleichmäßigung der Ablaufgeschwindigkeit der Kette (5) von dem polygonalen Kettenrad (4) zugeführt wird.

Der Kettentreib mit verminderten Polygoneffekt zeichnet sich dadurch aus, dass dem Elektromotor (2) ein elektronischer Dämpfer (8) vorgeschaltet ist, der eine Steuerung des Elektromotors (2) in der Art bewirkt, dass die Ablaufgeschwindigkeit der Kette (5) von dem polygonalen Kettenrad (4) vergleichmäßiggt wird.

(hierzu Figur 1)